

**JP2003092411 A**  
**ORGANIC SEMICONDUCTOR DEVICE, ORGANIC FIELD EFFECT**  
**TRANSISTOR AND ITS MANUFACTURING METHOD**

LUCENT TECHNOLOG INC

**Inventor(s):**BAO ZHENAN ;SCHON JAN HENDRIK

**Application No.** 2002201704 JP2002201704 JP, **Filed** 20020710, **A1 Published**  
20030328 **Published** 20030328

**Abstract:** PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a new organic field effect transistor (OFET).

**SOLUTION:** The organic field effect transistor (OFET) has a gate, a source and a drain. The OFET has single layers of organic molecules formed between a gate electrode and a source electrode, a drain electrode. The single layers function as channels and a gate dielectric layer for the OFET.

**Int'l Class:** H01L029786; H01L05100

**Priority:** US 2001 916082 20010726

**Patents Citing this One:** No US, EP, or WO patents/search reports have cited this patent.

**MicroPatent Reference Number:** 000826039

**COPYRIGHT:** (C) 2003JPO

(43)公開日 平成15年3月28日(2003.3.28)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 29/786  
51/00

識別記号

F I  
H O I L 29/78  
29/28

テ-マ-ト・(参考)

618B 5F110  
617T

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2002-201704(P2002-201704)

(22)出願日 平成14年7月10日(2002.7.10)

(31) 優先権主張番号 09/916082

(32)優先日 平成13年7月26日(2001.7.26)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 596077259

ルーセント テクノロジーズ インコーポ  
レイテッド

Lucent Technologies  
Inc.

アメリカ合衆国 07974 ニュージャージー  
一、マレーヒル、マウンテン アベニュー  
600-700

(74) 代理人 100081053

弁理士 三俣 弘文 (外1名)

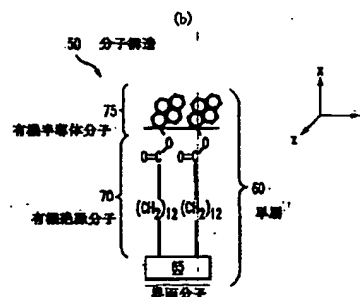
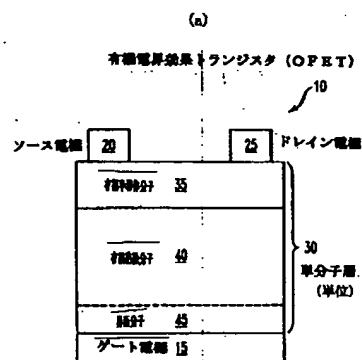
**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 有機半導体デバイス、有機電界効果トランジスタ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 新規な有機電界効果トランジスタ（OFET）を提供する。

【解決手段】 有機電界効果トランジスタ（OFET）はゲート、ソース及びドレインを有する。OFETは、ゲート電極、ソース電極及びドレイン電極の間に形成された有機分子の単層も有する。この単層はOFETのためのチャネル及びゲート誘電体層として機能する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 誘電体層及びチャネルを付与する有機分子の層を有し、

前記有機分子の層は、少なくとも1個の有機絶縁分子と少なくとも1個の有機半導体分子とから構成されている、ことを特徴とする有機半導体デバイス。

【請求項2】 前記有機分子の層は、少なくとも1個の分子の厚さを有する単層であり、各原子は少なくとも1個の化学結合を有する、ことを特徴とする請求項1に記載の有機半導体デバイス。

【請求項3】 前記有機分子は第1及び第2の連続部分を有する鎖からなり、前記第1の連続部分は、これらの内部に非結合軌道を有し、前記第2の連続部分は、これらの内部に存在しない非結合軌道を有する、ことを特徴とする請求項2に記載の有機半導体デバイス。

【請求項4】 前記有機分子の層は少なくとも1個の界面分子からなり、前記界面分子はチオール、シラン又は有機官能基シランからなり、前記有機絶縁分子はアルキル鎖からなり、前記有機半導体分子は少なくとも1個の共役有機分子及び共役基からなり、前記有機絶縁分子対前記有機半導体分子の比率は少なくとも約1:1である、ことを特徴とする請求項1に記載の有機半導体デバイス。

【請求項5】 ゲート、ソース及びドレインと、チャネル及びゲート誘電体層を付与する有機分子の単層とからなり、

前記有機分子の単層は前記ゲート、ソース及びドレインに結合されており、

前記有機分子の単層は少なくとも1個の有機絶縁分子と少なくとも1個の有機半導体分子からなり、

前記単層は前記ソースと前記ドレインとの間のチャネルを介して電流を流すことができ、前記チャネルを前記ゲートから絶縁し、そして、前記ゲートに分子的に結合している、ことを特徴とする有機電界効果トランジスタ。

【請求項6】 前記有機分子は第1及び第2の連続部分を有する鎖からなり、前記第1の連続部分は、これらの内部に非結合軌道を有し、前記第2の連続部分はこれらの中に存在しない非結合軌道を有し、前記第1の連続部分は前記ソース及び前記ドレイン間に延在しており、前記有機分子は、前記第2の連続部分を前記第1の連続部分よりもゲートに接近して配置させるように配向している、ことを特徴とする請求項5に記載の有機電界効果トランジスタ。

【請求項7】 前記有機絶縁分子はアルキル鎖からなり、前記有機半導体分子は少なくとも1個の共役有機分子及び共役基からなり、前記有機分子の層は少なくとも1個の界面分子からなり、前記有機絶縁分子対前記有機半導体分子の比率は少なくとも約1:1である、ことを特徴とする請求項5に記載の有機電界効果トランジスタ。

【請求項8】 ゲートに結合され、そして、ソースとドレインとの間に配置された有機分子の単層を形成するステップからなり、

前記単層は、絶縁性と、電界に応答して変化する導電率を有する、ことを特徴とする有機電界効果トランジスタの製造方法。

【請求項9】 前記有機分子の単層は少なくとも1個の界面分子と、少なくとも1個の有機絶縁分子と少なくとも1個の有機半導体分子とからなり、前記単層の形成ステップは、

(a) 前記ゲートを前記界面分子、前記有機絶縁分子及び前記有機半導体分子でソーキングする、

(b) 界面分子が結合されたゲートを、有機絶縁分子及び有機半導体分子でソーキングする、及び、

(c) 界面分子及び有機絶縁分子が結合されたゲートを、有機半導体分子でソーキングする、うちの少なくとも一つからなる、ことを特徴とする請求項8に記載の有機電界効果トランジスタの製造方法。

【請求項10】 前記界面分子はチオール、シラン及び有機官能基シランのうちの少なくとも一つからなり、前記有機絶縁分子はアルキル鎖からなり、前記有機半導体分子は少なくとも1個の共役有機分子及び共役基からなり、前記有機絶縁分子対前記有機半導体分子の比率は少なくとも約1:1である、ことを特徴とする請求項に記載の有機電界効果トランジスタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は有機半導体デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】有機回路に関する関心は高まり続けている。有機回路の魅力は、プラスチックタイプの基板により形成された回路に一般的に付随する可撓性、軽量性及び強靱性などのようなこれらの機械的特性から生じる。これらの特性は、例えば、スマートカード、電子タグ及びディスプレイなどのような多くの用途に好適な低コスト集積回路(IC)技術に転用可能であると予想される。

【0003】有機回路は少なくとも1個の能動有機半導体デバイスを包含する。このような能動有機半導体デバイスの一例は、有機電界効果トランジスタ(OFET)である。OFETは有機半導体層内に形成された能動チャネルを有する。この能動チャネルはドレインをソースと連結する。能動チャネルの導電率は、ゲート誘電体層を介してゲート電極から印加された電界に反応する。その導電率に応じて、電圧がドレインとソースとの間に印加されたときに、電流はチャネルを介して流れることができる。従って、電界から導出されたゲート電極上の電圧は、チャネルを介して流れる電流量を制御する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】有機回路からは多くの利点が想起されるが、能動有機半導体デバイスの製造上の改善も期待される。更に詳細には、OFETのような能動有機半導体デバイスの製造を単純化するための改良が探し求められている。同様に、例えば、OFETの製造コストを低減させるための研究努力が続けられている。

【0005】

【課題を解決するための手段】前記課題は、OFETなどのような能動有機半導体デバイスの製造を単純化し、かつ、製造コストを低減する本発明の製造方法により解決される。更に詳細には、前記課題は、絶縁特性と、電界に応じて変化する導電率を有する有機分子の層により解決される。本発明によれば、少なくとも一つの有機絶縁性分子と少なくとも一つの有機半導体分子から形成された有機分子層は誘電体層及び能動チャネルとして機能する。従って、この有機分子層は例えば、OFETのゲート誘電体層及びゲート誘電体層の両方であることができる。更に、有機分子層は単分子層であることもできる。本発明の説明のために、「単分子層」又は「単層」という用語は、1分子の厚さを有する層を意味する。この場合、単層の各原子は少なくとも1個の化学結合を有する。

【0006】本発明の一例において、OFETは例えば、有機分子の単層をゲート電極に結合することにより自己集成される。有機分子の単層は、ゲート電極を有機分子でソーキングすることにより結合させることができる。このソーキングステップは、例えば、アルキル鎖などのような少なくとも1個の有機絶縁分子と、芳香環、融合環、共役ベンゼン及び大環状分子を含む共役分子又は共役基などのような少なくとも1個の有機半導体分子と共に、チオール、シラン又は有機感応性シランなどのような少なくとも1個の界面分子によるソーキングを含むことができる。本発明の説明のために、「共役」という用語は、分子が非局在化 $\pi$ 電子を有し、これにより半導体特性を生じることを意味する。別法として、界面分子、有機絶縁分子及び有機半導体分子を連続的にソーキングするか、又は部分的順次配列法（例えば、界面分子と有機絶縁層を最初に一緒にソーキングし、次いで、その後有機半導体分子をソーキングする）によりソーキングすることもできる。ソーキング完了後、有機分子層をゲート電極と結合する。過剰量の界面分子は、有機分子の単層のような所望の厚さを創成するために除去することができる。最後に、有機分子層を乾燥させる。ドレイン及びソース電極が形成されたら、OFETが完成される。

【0007】

【発明の実施の形態】図1(a)は、本発明の或る実施態様の概要断面図である。更に詳細には、例えば、有機電界効果トランジスタ(OFET)のような半導体デバ

イス10が図示されている。代表的な無機電界効果トランジスタと全く同様に、OFET10はゲート、ソース及びドレインからなる。OFET10は、電流を流すことが出来る能動チャネルと、ゲートをチャネルから絶縁するためのゲート誘電体層も有する。

【0008】構造的に、OFET10はゲート電極15、ソース電極20及びドレイン電極25を有する。電極15、20及び25は、ドーパドシリコン又は例えば、金(Au)、銀(Ag)又は白金(Pt)などのような導電性金属から構成することができる。ゲート電極15と、ソース電極20及びドレイン電極25との間に形成されているのは単分子層30又は分子1個の厚さの鎖状構造を有する単層である。この場合、単層の各原子は少なくとも1個の化学結合を有する。従って、単層30は約1nm~3nmの範囲内の厚さを有する。

【0009】単層30は、OFET10のための多目的層として機能する。単層30は、OFET10のチャネル及びゲート誘電体層を構成する。従って、単層30は、OFET10のチャネルとして機能する。これにより、チャネルを介して及びソース電極20とドレイン電極25との間で電流をながすことができる。同様に、単層30は、チャネルとゲート電極15との間に絶縁層を配設することによりゲート誘電体層としても機能する。

【0010】これらの両方の機能的動作を実現するために、単層30は有機分子の層からなる。更に詳細には、単層30は少なくとも1個の有機半導体分子35からなる。有機半導体分子35内にはOFET10のチャネルが形成される。有機半導体分子35の特徴は、単層30を形成する有機分子鎖の第1の連続部分を有することである。この分子鎖の第1の連続部分は非結合又は $\pi$ 軌道の、例えば、ベンゼンからなる。 $\pi$ 軌道の特性はOFET10のソース電極20とドレイン電極25との間に延在し、それにより、有機半導体分子35のチャネルを介して電流を流すことが可能になる。

【0011】単層30は更に、少なくとも1個の有機絶縁分子40から構成される。有機絶縁分子40の特徴は、単層30を形成する有機分子鎖の第2の連続部分を有することである。この分子鎖の第2の連続部分は結合又は $\sigma$ 軌道からなる。 $\sigma$ 軌道の特性は、電流の流れを阻止し、絶縁体として挙動する。前記のような、分子鎖の第2の連続部分（例えば、 $\sigma$ 軌道）は、第1の連続部分（例えば、 $\pi$ 軌道）よりもゲート電極15の近くに配向する。従って、有機絶縁分子40は、有機半導体分子35内のチャネルとゲート電極15との間のゲート誘電体層として機能する。

【0012】単層30は更に、界面分子45から構成される。界面分子45は有機絶縁分子40とゲート電極15との間の一層大きな結合を有する。下記で詳細に説明するように、界面分子45の選択は、ゲート電極15として使用するために選択された材料に応じて左右され

る。界面分子45はまた、OFET10のゲート誘電体層のための追加的な絶縁も提供する。

【0013】 $\sigma$ 軌道及び $\pi$ 軌道は、物質の量子理論及び一般的に、単一原子（原子軌道）又は更に特定のには、本発明のような結合原子（分子軌道）に対するその応用を用いて説明できる。シュレーディンガー(Schrodinger)の波動力学及びハイゼンベルグ(Heisenberg)の不確定性原理の組合せからなる軌道理論は、電子は粒子ではなく、幾つかのエネルギーレベルで存在できる三次元波動と見做す。電子の正確な位置及び殻内の位置（例えば、大多数の元素において、軌道群である）は数学的確率法則では正確に予測できない。軌道準位及び軌道準位内の電子の運動は波動関数及び量子数により表される。電子が所定の容量で存在する確率（すなわち、1電子波動関数の二乗）は、その電子の軌道と呼ばれ、その軌道の形状は、定確率の表面（すなわち、球体及び楕円形ドーナツ）により画成される。確率によって説明される電子軌道は、不確定な境界を有する雲に似ている。各電子のエネルギー状態は、その主準位、角運動量、磁気モーメント及びスピンを記述する4量子数により得られる。

【0014】図1(b)は、図1(a)のOFET10のようなデバイスで使用するための、単層60の一例を使用する分子構造50を示す模式図である。単層60は有機半導体分子75から構成されている。有機半導体分子75は共役有機構造から構成されている。図示されているように、有機半導体分子75は、共役分子又は共役基により実現される。これらは例えば、芳香環、溶融環、共役ベンゼン、大環状分子などである。また、これらの置換体も本発明の記載を参照することにより当業者には自明である。有機半導体分子75からの $\pi$ 軌道は、チャネルの形成が可能な、 $y$ 軸芳香に、共役ベンゼン間を横方向に延在し、これにより、これらを介する電流の流れを助ける。

【0015】単層60は有機絶縁分子70からも構成される。有機絶縁分子70は、例えば、酸化されると $-COOH$ 末端基を生成し、その後、ビレンメタノールによりエステル化されるビニル末端基を有するテトラデシル-1-エニルトリクロロシランなどのようなアルキル鎖又は尾からなる。有機絶縁分子70は、直鎖状又は僅かに分枝した線状形状を有するアルキル鎖からなることが好ましい。別法として、有機絶縁分子70は、ポリエーテル鎖及びその他の不完共役鎖などからも構成できる。しかし、様々な追加置換体もこの明細書の記載を参照すれば当業者に自明である。有機絶縁分子70は有機半導体分子75及び界面分子65に結合される。有機絶縁分子70からの $\sigma$ 軌道は、有機半導体分子75と界面分子65との間で $x$ 軸方向に垂直に延在する。従って、電流は有機半導体分子75と界面分子65の間を流れることが阻止され、これにより、有機絶縁分子70は双方向絶縁体として機能する。

【0016】単層60内の有機半導体分子75対有機絶縁分子70の比率は1:1であることが好ましい。しかし、これよりも高い有機半導体分子75対有機絶縁分子70の比率は、単層60のような漸増高密度単分子層を生成しやすい。単層60の密度が高くなればなるほど、OFETにおけるピンホールの発生し易さ及びゲート誘電体層を介するトンネル電流漏洩の起こり易さは低くなる。

【0017】界面分子65は、単層60の一部として複数の機能を果たす。従来技術と対照的に、本発明は、単層と導体（例えば、OFETのゲート電極）との間の化学結合（例えば、共役結合及び/又はイオン結合）を持続させる。これに関して、界面分子65は有機絶縁分子70とOFETのゲート電極との間の結合力を高める。更に、界面分子65は、OFETのゲート電極により検分されるように、ゲート誘電体層の誘電特性も高めることができる。

【0018】図2は、本発明による第1の実施例であるOFET構造100の模式的断面図である。OFET100は、前記に詳述した原理による有機分子の単層からなる。更に詳細には、OFET100は、当業者に公知の様々な物質によりドーピングされたシリコンから形成されたゲート電極115を含む。更に、OFET100は、ソース電極120及びドレイン電極125も含む。

【0019】ドーパドシリコンゲート電極115上には界面分子145が形成されている。界面分子145は二酸化シリコンからなる。しかし、様々な代替物もこの明細書の記載を参照すれば当業者に自明である。界面分子145は、OFET100の単層とドーパドシリコンゲート電極115との間の結合力を助長する。また、界面分子145は、OFET100のドーパドシリコンゲート電極115により検分されるように、ゲート誘電体層の誘電特性も高める。

【0020】界面分子145には有機絶縁分子140が結合される。有機絶縁分子140は基本的に、OFET100のゲート誘電体層として機能する。有機絶縁分子140はアルキル鎖を含む。有機絶縁分子140は、直鎖状又は僅かに分枝した線状形状を有するアルキル鎖からなることが好ましい。別法として、有機絶縁分子140は、ポリエーテル鎖及びその他の不完共役鎖などからも構成できる。しかし、様々な代替物もこの明細書の記載を参照すれば当業者に自明である。

【0021】OFET100は更に、有機半導体分子135も有する。有機絶縁分子140に結合した有機半導体分子135は能動チャネルを有するOFET100をもたらす。有機半導体分子135は共役有機分子又は共役基からなる。これらは例えば、芳香環、溶融環、共役ベンゼン、大環状分子などである。また、これらの代替物も本発明の記載を参照することにより当業者には自明である。

【0022】図3は、本発明による第2の実施例であるOFET構造200の模式的断面図である。図2のOFET100と同様に、OFET200は有機分子の単層からなる。OFET200は、金属から形成されたゲート電極215を有する。ゲート電極215のために選択される金属は金(Au)であることが好ましい。しかし、銀(Ag)又は白金(Pt)などのような当業者に公知の他の代替物及びその他の金属や合金類も使用できる。OFET200はソース電極220及びドレイン電極225も有する。

【0023】ドーパドシリコンゲート電極215上には界面分子245が形成されている。ここで、図2の界面分子145と異なり、界面分子245は硫黄(S)からなる。しかし、様々な代替物もこの明細書の記載を参照すれば当業者に自明である。界面分子245は、OFET200の単層とドーパドシリコンゲート電極215との間の結合力を高める。

【0024】界面分子245には有機絶縁分子240が結合される。有機絶縁分子140と同様に、有機絶縁分子240も基本的に、OFET200のためのゲート誘電体層として機能する。有機絶縁分子240はアルキル鎖からなる。しかし、様々な代替物もこの明細書の記載を参照すれば当業者に自明である。

【0025】更に、OFET200は有機半導体分子235を含む。有機半導体分子235は、有機半導体分子135と同様に、能動チャネルを有するOFET200をもたらす。有機半導体分子235は有機絶縁分子240に結合される。有機半導体分子235は、共役有機分子又は共役基からなる。これらは例えば、芳香環、溶融環、共役ベンゼン、大環状分子などである。また、これらの代替物も本発明の記載を参照することにより当業者には自明である。

【0026】図4は、本発明の原理を使用するOFETの一例の第1の特性群を示すグラフ図である。更に詳細には、図4のグラフ図は、このようなOFETの室温における、ドレイン電流( $\mu A$ )対ドレイン電圧(V)特性を示す。

【0027】図5は、本発明の原理を使用するOFETの別の例の第2の特性群を示すグラフ図である。このグラフ図は、このようなOFETの、移動度( $cm^2/V \cdot s$ )対逆温度( $1/^\circ K$ )特性を示す。

【0028】図6は、本発明の原理によるOFETの第1の製造方法を示す流れ図300である。流れ図300の最初のステップを実行する前に、ドーパドシリコンからなる基板を準備する。ドーパドシリコン基板からOFET用のゲート電極を形成する。

【0029】最初に、ドーパドシリコンゲート電極をシラン又は有機官能基シランに曝露させる。この曝露ステップ310は、ドーパドシリコンゲート電極をシラン又は有機官能基シランでソーキングすることにより行われ

る。このソーキングステップを実行することにより、シラン又は有機官能基シランは、ドーパドシリコンゲート電極上に少なくとも1個の界面分子を生成する。更に詳細には、シラン又は有機官能基シランは、二酸化シリコン膜を生成する。この二酸化シリコン膜はドーパドシリコンゲート電極に結合する。ここで、十分に高品質の二酸化シリコン膜を生成するために、約100℃~200℃の範囲内の低温度加熱ステップも実行できる。言うまでもなく、高温加熱ステップも本発明において使用できる。

【0030】その後、曝露ステップ310により形成された二酸化シリコン/ドーパドシリコンゲート電極上に、少なくとも1個の有機絶縁分子と少なくとも1個の有機半導体分子を自己結合させる。この自己結合ステップ320は、ドーパドシリコンゲート電極に結合された二酸化シリコン膜を、事前に結合された有機絶縁分子と有機半導体分子で同時にソーキングする事により行われる。このソーキングステップによる有機分子(絶縁分子及び半導体分子の両方)の濃度は、約10ミリモル/リットル未満であることが好ましい。更に、有機絶縁分子対有機半導体分子の比率は約少なくとも1:1である。有機絶縁分子対有機半導体分子の比率は1:1である。言うまでもなく、合成単層を作製する自己結合ステップの副生物は水( $H_2O$ )である。

【0031】別法として、ドーパドシリコンゲート電極は、シラン又は有機官能基シラン及び事前結合有機絶縁分子及び有機半導体分子により全て同時にソーキングすることができる。第2の別法では、有機絶縁分子を第1のソーキングステップにより、ドーパドシリコンゲート電極と結合された二酸化シリコン層に最初に自己結合させる。その後、有機半導体分子を有機絶縁分子に自己結合させるために、第2のソーキングステップを行う。

【0032】結合ステップ320が完了したら、過剰量のシラン又は有機官能基シランを除去する。この除去ステップ330は、ドーパドシリコンゲート電極上に形成された合成単層を水( $H_2O$ )のような溶剤で濯洗することにより行われる。化学的に結合されていない、物理的に吸着されているシラン又は有機官能基シランがこのステップにより除去される。更に、過剰量の有機絶縁分子及び有機半導体分子もこのステップで同様に除去される。

【0033】その後、例えば、溶剤及び水( $H_2O$ )のような残留副生物を除去することによりOFETが完成される。この除去ステップ340は、様々な異なる方法により行うことができる。例えば、約100℃~200℃の範囲内の“温和”な加熱ステップで、創製構造物を比較的低い温度で乾燥させることにより行うことができる。別法として、除去ステップ340は、溶剤及び残留副生物を除去するために、真空ポンプを使用することにより行うこともできる。

【0034】図7は、本発明の原理によるOFETの第2の製造方法を示す流れ図400である。流れ図400の最初のステップを実行する前に、基板（好ましくは、金（Au）のような金属からなる基板）を準備する。ゲート電極を形成するために、銀（Ag）又は白金（Pt）及びその他の金属類及び姻族合金類などのような当業者に公知の様々な代替物も基板として使用できる。OFET用のゲート電極は金属基板から形成される。

【0035】まず、金ゲート電極をチオール（SH）基に曝露させる。この曝露ステップ410は、金ゲート電極をチオールでソーキングすることにより行われる。このソーキングステップを行うことにより、チオール基は金ゲート電極上に少なくとも1個の界面分子を生成する。更に詳細には、チオール基は硫黄（S）分子を金ゲート電極に結合させる。

【0036】曝露ステップ410が完了したら、過剰量のチオールを除去する。この除去ステップは、金ゲート電極上に生成された合成単層をエタノール又はイソプロパノールのような溶剤で濯洗することにより行われる。過剰量の有機絶縁分子及び有機半導体分子もこのステップで同様に除去される。

【0037】その後、少なくとも1個の有機絶縁分子及び少なくとも1個の有機半導体分子を、曝露ステップ410により形成された硫黄／金ゲート電極構造物に自己結合される。この自己結合ステップ420は、金ゲート電極に結合された硫黄分子を、事前に結合された有機絶縁分子と有機半導体分子で同時にソーキングする事により行われる。このソーキングステップによる有機分子（絶縁分子及び半導体分子の両方）の濃度は、約10ミリモル／リットル未満であることが好ましい。更に、有機絶縁分子対有機半導体分子の比率は約少なくとも1：1である。有機絶縁分子対有機半導体分子の比率は1：1である。言うまでもなく、合成単層を作製する自己結合ステップの副生物は水（H<sub>2</sub>O）である。

【0038】別法として、金ゲート電極は、チオール及び事前結合有機絶縁分子及び有機半導体分子により全て同時にソーキングすることができる。第2の別法では、有機絶縁分子を第1のソーキングステップにより、金ゲート電極と結合された硫黄分子に最初に自己結合させる。その後、有機半導体分子を有機絶縁分子に自己結合させるために、第2のソーキングステップを行う。

【0039】結合ステップ420が完了したら、過剰量のチオールを除去する。この除去ステップ430は、金ゲート電極上に形成された合成単層をエタノール又はイソプロパノールのような溶剤で濯洗することにより行われる。過剰量の有機絶縁分子及び有機半導体分子もこのステップで同様に除去される。

【0040】その後、溶剤を除去することによりOFETが完成される。この除去ステップ440は、様々な異なる方法により行うことができる。例えば、約25℃～

90℃の範囲内の“温和”な加熱ステップで、創製構造物を比較的低い温度で乾燥させることにより行うことができる。別法として、除去ステップ440は、溶剤及び残留副生物を除去するために、真空ポンプを使用することにより行うこともできる。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、少なくとも一つの有機絶縁性分子と少なくとも一つの有機半導体分子から形成された有機分子層は誘電体層及び能動チャネルとして機能する。従って、この有機分子層は例えば、OFETのゲート誘電体層及びゲート誘電体層の両方であることができる。このように、絶縁特性と、電界に応じて変化する導電率を有する有機分子層を使用することにより、OFETなどのような能動有機半導体デバイスの製造を単純化し、かつ、製造コストを低減することができる。

【0042】以上の説明は、本発明の一実施例に関するもので、この技術分野の当業者であれば、本発明の種々の変形例を考え得るが、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。尚、特許請求の範囲に記載した参照番号がある場合は、発明の容易な理解のために、その技術的範囲を制限するよう解釈されるべきではない。

【図面の簡単な説明】

【図1】（a）は本発明の或る実施態様の概要断面図であり、（b）は前記（a）の実施態様の模式的構成断面図である。

【図2】本発明の原理による第1の有機電界効果トランジスタ（OFET）構造物の模式的構成断面図である。

【図3】本発明の原理による第2のOFETの模式的構成断面図である。

【図4】本発明の原理によるドレイン電流（ $\mu$ A）対ドレイン電圧（V）特性のグラフ図である。

【図5】本発明の原理による移動度（ $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ）対逆温度（ $1/\text{K}$ ）特性のグラフ図である。

【図6】本発明の原理によるデバイスの第1の製造方法の流れ図である。

【図7】本発明の原理によるデバイスの第2の製造方法の流れ図である。

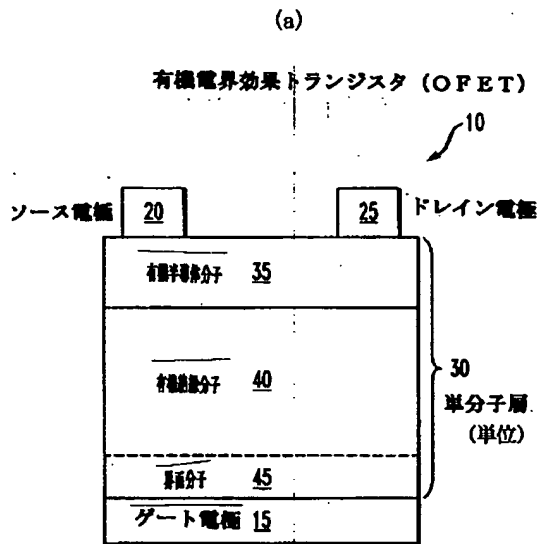
【符号の説明】

- 10 有機電界効果トランジスタ（OFET）
- 15 ゲート電極
- 20 ソース電極
- 25 ドレイン電極
- 30 単分子層（単層）
- 35 有機半導体分子
- 40 有機絶縁分子
- 45 界面分子
- 50 分子構造
- 60 単層
- 65 界面分子

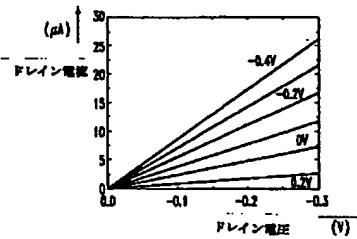
70 有機絶縁分子  
75 有機半導体分子  
100 OFET構造  
115 ゲート電極  
120 ソース電極  
125 ドレイン電極  
135 有機半導体分子  
140 有機絶縁分子

145 界面分子  
200 OFET構造  
215 ゲート電極  
220 ソース電極  
225 ドレイン電極  
235 有機半導体分子  
240 有機絶縁分子  
245 界面分子

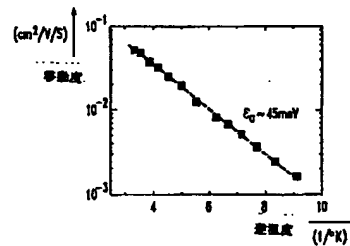
【図1】



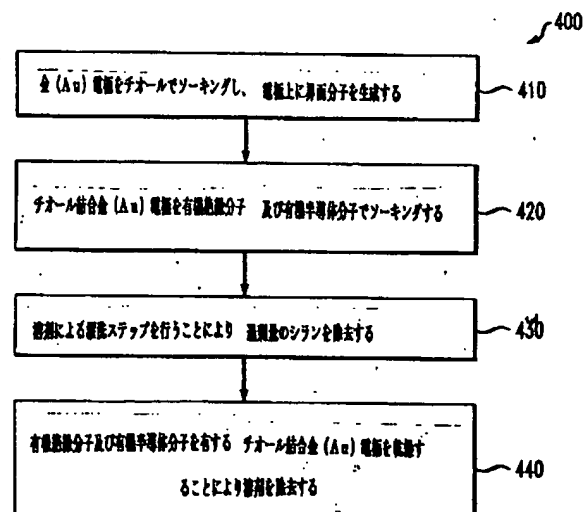
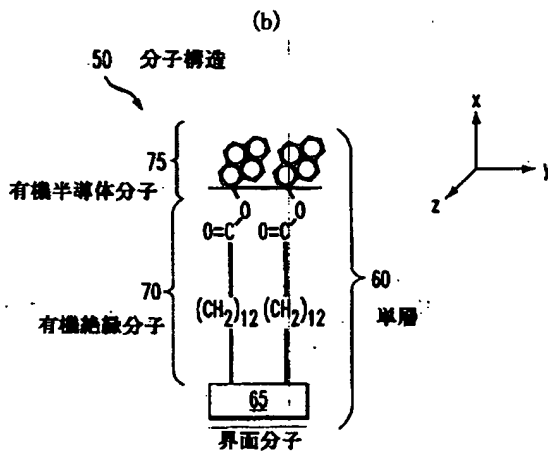
【図4】



【図5】

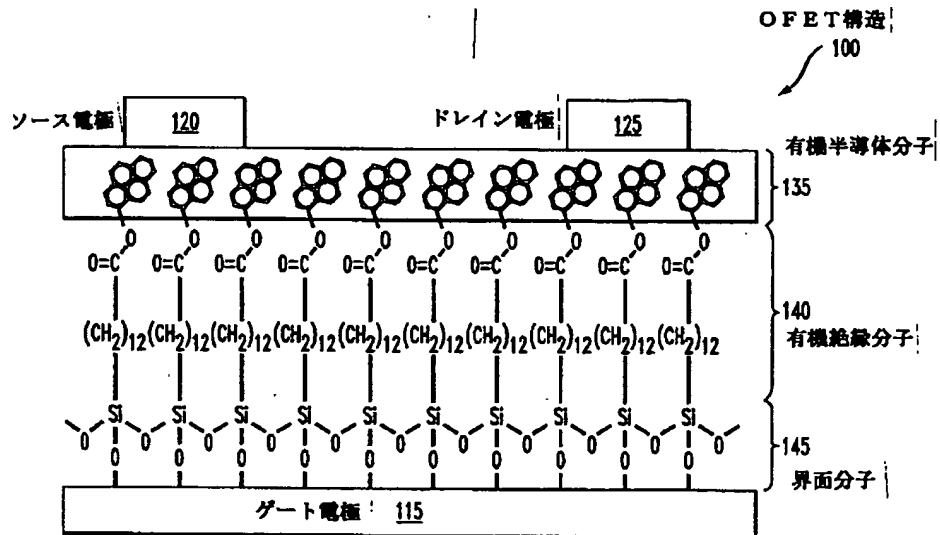


【図7】

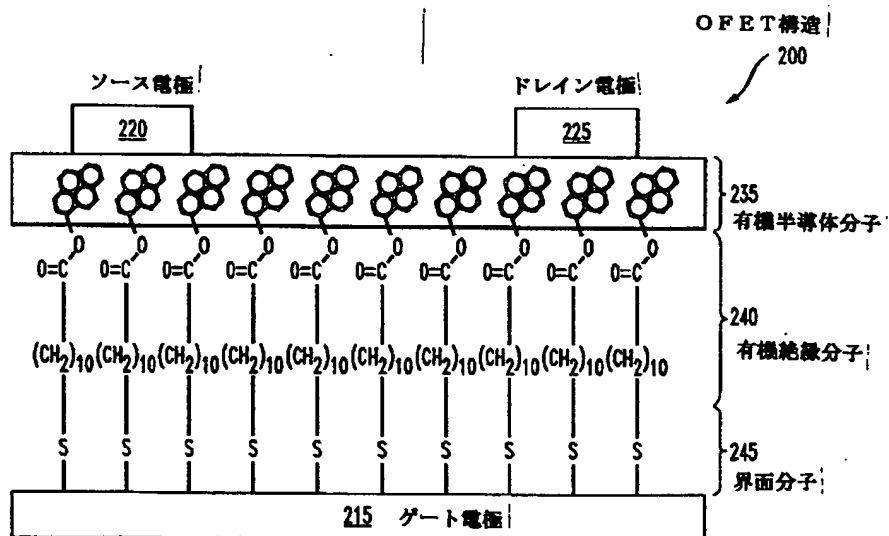




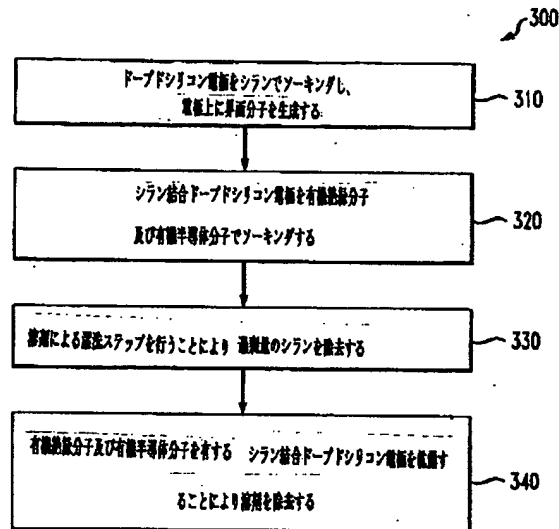
【図2】



【図3】



【図6】



フロントページの続き

(71)出願人 596077259

600 Mountain Avenue,  
Murray Hill, New Jersey 07974-0636 U. S. A.

(72)発明者 ゼナン バオ

アメリカ合衆国、07041 ニュージャージー  
州、ミルバーン、クリントン プレース  
6

(72)発明者 ジャン ヘンドリック シェーン

アメリカ合衆国、07901 ニュージャージー  
州、サミット、パーク アベニュー 21

Fターム(参考) 5F110 AA16 CC07 EE02 EE06 EE08

FF01 FF02 FF09 FF21 FF23

GG05 GG25 HK02 HK09